

Jurnal RISA (Riset Arsitektur)  
 ISSN 2548-8074, [www.jurnal.unpar.ac.id](http://www.jurnal.unpar.ac.id)  
 Volume 04, Nomor 03, edisi Juli 2020; hal 269-287

## **EVALUATION AND EXPERIMENT OF INTERLOCKING BRICK MODULE DESIGN TO OBTAIN VARIETIES OF VENTILATION OPENING AREA ON WALL**

**<sup>1</sup>Ansheila Gabriela Budiyni. <sup>2</sup>Budianastas Prastyatama, ST., MT**

<sup>1</sup> Student in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture  
 at Parahyangan Catholic University

<sup>2</sup> Senior lecturer in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture  
 at Parahyangan Catholic University

### **Abstract**

Natural ventilation is a passive design in architecture to respond toward a country with tropic climate like Indonesia, so that the building materials should be considered in the wall design to obtain ventilation opening. Interlocking bricks is one of building material example in architecture. The advantages from interlocking brick compared to the commonly used brick is that it has an interlocking system that enable the interlocking brick assembly to become more effective, efficient, and easy.

Practically speaking, interlocking brick is not yet popular to be used in Indonesia. To obtain a wall with ventilation opening, the commonly used brick is demanded more than interlocking brick. This is due to the design of interlocking brick to create ventilations on the wall is still limited and less explored. Oftentimes the interlocking system in interlocking brick limits the type of bonds for the wall so that the result of ventilation is less variative. Interlocking brick actually has potentials to be an alternative choice of material to produce ventilation on wall because its similar characteristics to the common red brick.

The purpose of this research is to gain varieties of ventilation opening that is made through the configuration of bricks by exploration of interlocking brick designs through experiment. The method used is qualitative method, through evaluating the designs of interlocking brick precedents that is based on the literature studies. From the literature studies and evaluation result, experiments to the interlocking brick design could be done to gain area of ventilation opening variations.

The experiment result, which is designed modules, could be expected to be alternative of material choices to produce ventilation openings on wall that could be adjusted with the area of space it bears. Therefore, wall from the interlocking brick configuration could produce variations of ventilation opening area that meet the standards applied so that it could be used for walls that wanted to create natural ventilations.

**Key Words:** interlocking brick, ventilation opening, opening variation

## **EVALUASI DAN EKSPERIMEN DESAIN MODUL BATA INTERLOCKING UNTUK VARIASI LUAS BUKAAN VENTILASI PADA DINDING**

**<sup>1</sup>Ansheila Gabriela Budiyni. <sup>2</sup>Budianastas Prastyatama, ST., MT**

<sup>1</sup> Mahasiswa S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

<sup>2</sup> Dosen Pembimbing S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan

### **Abstrak**

Ventilasi alami merupakan desain pasif dalam arsitektur untuk menanggapi negara dengan iklim tropis seperti Indonesia, sehingga dalam perancangan dinding perlu dipertimbangkan material-material bangunan yang dapat menghasilkan bukaan ventilasi. Bata *interlocking* merupakan salah satu contoh material bangunan dalam arsitektur.

<sup>1</sup> Corresponding author: [ansheilagabriela@gmail.com](mailto:ansheilagabriela@gmail.com)

Kelebihan dari bata *interlocking* dibandingkan dengan bata merah yang umum terdapat di pasaran adalah adanya sistem pengunci yang memungkinkan pemasangan bata *interlocking* lebih efektif, efisien, dan mudah.

Pada praktiknya, bata *interlocking* belum populer digunakan di Indonesia. Untuk menghasilkan dinding yang mempunyai bukaan ventilasi, bata merah yang umum di pasaran lebih diminati daripada bata *interlocking*. Hal ini dikarenakan desain bata *interlocking* untuk menghasilkan ventilasi pada dinding masih terbatas dan kurang di eksplorasi. Seringkali sistem pengunci pada bata *interlocking* membatasi jenis susunan yang dapat digunakan sehingga ventilasi yang dihasilkan juga kurang variatif. Bata *interlocking* sebenarnya mempunyai potensi untuk menjadi alternatif material untuk menghasilkan ventilasi pada dinding karena sifat-sifatnya yang menyerupai bata merah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan variasi luas bukaan ventilasi yang dihasilkan dari susunan bata dengan cara mengeksplorasi desain bata *interlocking* melalui eksperimen. Metode yang digunakan adalah metode kualitatif, yaitu dengan mengevaluasi desain preseden bata *interlocking* dalam kemampuannya menghasilkan bukaan ventilasi yang didasari pada studi literatur. Dari hasil studi literatur dan hasil evaluasi maka dilakukan eksperimen terhadap desain bata *interlocking* untuk mendapat variasi luas bukaan ventilasi.

Hasil eksperimen yaitu desain modul diharapkan bata *interlocking* dapat menjadi alternatif pilihan material untuk menciptakan bukaan ventilasi pada dinding yang dapat disesuaikan dengan luas ruangan yang ditanggungnya. Oleh karena itu, dinding dari susunan bata *interlocking* dapat menghasilkan variasi luas bukaan ventilasi yang memenuhi standar yang berlaku sehingga dapat digunakan pada dinding-dinding yang ingin menghasilkan ventilasi alami.

**Kata Kunci:** bata *interlocking*, bukaan ventilasi, variasi bukaan

## 1. PENDAHULUAN

Secara geografis, Indonesia termasuk salah satu negara dengan iklim tropis, karena letaknya yang dekat dengan garis khatulistiwa. Ventilasi alami merupakan sebuah upaya desain pasif untuk menanggapi iklim tropis. Pemilihan material untuk dinding dalam arsitektur menjadi penting agar dapat menghasilkan ventilasi alami berupa bukaan-bukaan.

Perkembangan material dalam arsitektur tergolong pesat karena kemajuan teknologi sehingga terdapat banyak alternatif material yang dapat digunakan untuk dinding. Bata *interlocking* merupakan salah satu alternatif pilihan material yang dapat digunakan untuk dinding. Kelebihan dari bata *interlocking* adalah sistem penguncinya yang membuat pemasangannya menjadi lebih efektif, efisien, dan mudah, serta ramah lingkungan. Karakteristiknya yang mirip dengan batu bata merah sangat membuka kemungkinan untuk penyusunan bata *interlocking* yang menghasilkan bukaan-bukaan kecil dari celah yang terbentuk dari antara tiap modul dalam tumpukan. Di Indonesia bata *interlocking* masih harus dieksplorasi agar dapat digunakan untuk menghasilkan bukaan ventilasi dinding yang variatif.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi desain bata *interlocking* sehingga dapat mendapatkan variasi luas bukaan ventilasi yang dihasilkan dari susunan bata. Dari penelitian ini diharapkan bahwa bata *interlocking* kedepannya dapat menjadi alternatif pilihan material untuk dinding yang memerlukan bukaan untuk ventilasi alami.

## 2. KAJIAN TEORI

### Bata *Interlocking*

Asal-usul bata *interlocking* bermula dari batu bata konvensional yang banyak ditemui di pasaran. Menurut SNI 15-2094-2000 dan SII-0021-78, batu bata merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa

campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Kelebihan campuran ini adalah dapat menyeimbangkan kelembaban udara, dapat menyimpan panas, ramah lingkungan (hemat energi), dapat diolah kembali, dapat menyerap polutan, dan masih banyak lagi.<sup>2</sup>

Dengan kemajuan teknologi dan perkembangan zaman, proses pembuatan bata juga berkembang sehingga menghasilkan metode-metode baru untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan pada metode pembuatan bata yang kuno. Dalam beberapa dekade terakhir, bata sudah berkembang menjadi beberapa klasifikasi yaitu bata solid dan bata *interlocking*.<sup>3</sup>

Bata *interlocking* merupakan bata yang dapat disusun tanpa plester atau adukan semen, namun membutuhkan cetakan yang canggih dan cukup rumit dan kekuatan tekan yang lebih besar. Bata ini cocok untuk material dinding yang diperkuat.<sup>4</sup>

Bata *interlocking* memiliki kelebihan dari bata biasa yaitu memiliki pengunci (*interlock*). Sistem *interlocking* pada bata memiliki dua tujuan yaitu: bata dapat menyelaraskan diri (*self-aligning*) dan mempunyai cara penguncian yang efektif yang memungkinkan susunan dinding lurus, tepat, dan stabil.<sup>5</sup> Kedua tujuan ini sangat dipengaruhi oleh desain bentuk dan jenis pengunci.

Susunan bata disebut sebagai *bond* atau *bonding*. *Bonding* merupakan cara dimana bata disusun, dirakit, dan pada akhirnya menjadi saling terikat menurut sudut pandang struktur *masonry* (pertukangan atau keahlian tentang batu), yaitu struktur secara horizontal, vertikal, dan ketebalan dinding. *Bonding* mempunyai peranan penting dalam memastikan kohesi, stabilitas, dan kekuatan dari struktur dinding yang terbuat dari unit-unit bata yang disusun bersama.<sup>6</sup> Terdapat berbagai jenis susunan seperti *running/stretcher bond*, *common bond*, *english bond*, dan lain-lain.

## Ventilasi

Ventilasi merupakan pertukaran udara; perputaran udara secara bebas di dalam ruangan.<sup>7</sup> Ventilasi bangunan dapat berupa ventilasi alami (tidak melibatkan mesin), ventilasi buatan (melibatkan mesin pengkondisian udara yang akan menurunkan suhu dan kelembaban udara), dan ventilasi semi-buatan (ventilasi alami yang dibantu oleh kipas angin untuk menggerakkan udara tetapi tidak melibatkan alat penurun suhu).<sup>8</sup>

Dalam penelitian ini, ventilasi yang seharusnya diusahakan adalah ventilasi alami. Sistem ventilasi alami disebut dengan *cross ventilation*. Sistem ventilasi *alami* (*cross ventilation*) mengandalkan kekuatan pendorong alami, seperti perbedaan suhu/tekanan udara dalam bangunan

---

<sup>2</sup> Guillaud, H., Joffroy, T., & Odul, P. (1995). Compressed Earth Blocks: Manual of Design and Construction. In H. Guillaud, T. Joffroy, & P. Odul, *Compressed Earth Blocks: Manual of Design and Construction* (p. 15). Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.

<sup>3</sup> Al-Fakih, A., Mohammed, B. S., & Nikbakht, E. (2018). Development of *Interlocking* Masonry Bricks and its' Structural Behaviour: A Review Paper. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences*, 2-3.

<sup>4</sup> Guillaud, H., Joffroy, T., & Odul, P. op. cit.

<sup>5</sup> Kintingu, S. H. (2009). Design of *Interlocking* Bricks for Enhanced Wall Construction Flexibility, Alignment Accuracy and Load Bearing. 43.

<sup>6</sup> Guillaud, H., Joffroy, T., & Odul, P. op. cit.

<sup>7</sup> KBBI, 2016. Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). [Online] Available at: <http://kbbi.web.id/pusat>

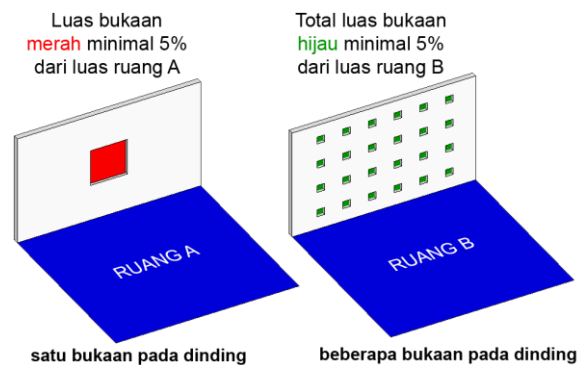
<sup>8</sup> Razak, H., Gandarum, D. N., & Juwana, J. S. (2015). Pengaruh Karakteristik Ventilasi dan Lingkungan terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Ruang Kelas SMPN di Jakarta Selatan. *AGORA, Jurnal Arsitektur*, Volume 15, Nomor 2, 5.

dengan lingkungannya, untuk mendorong terjadinya pergerakan udara segar pada sebuah bangunan, karena angin bergerak dari tekanan udara tinggi ke rendah.<sup>9</sup>

Dalam desain pasif ventilasi terdapat pemasukan (inlet) dan pengeluaran (outlet) yang idealnya sama besarnya. Letak dan posisi bukaan juga berpengaruh pada pergerakan angin ke dalam ruangan. Dengan perletakan bukaan yang benar, maka akan terjadi *cross-ventilation*, yaitu bukaan yang letaknya berseberangan pada ruangan untuk perputaran udara yang lebih baik. Ventilasi alami sangat bergantung pada jenis bukaan yang terdapat di bangunan. Oleh karena itu, besar bukaan, letak bukaan, dan bentuk bukaan sangat berpengaruh pada kualitas udara dalam ruangan.

Menurut SNI 03-6572-2001, standar luas bukaan yang harus dipenuhi adalah jumlah bukaan ventilasi tidak kurang dari 5% terhadap luas lantai ruangan yang membutuhkan ventilasi, dengan arahnya menghadap ke daerah terbuka keatas.<sup>10</sup>

Menurut Neufert (2000 : 257), ukuran ruangan untuk fungsi kamar tidur yang standar adalah 3,6 x 3,5 m. Untuk penelitian ini, diumpamakan dinding bata *interlocking* digunakan untuk fungsi tersebut, dengan tinggi dinding 3 m.



Figur 1 – Macam-macam jenis ventilasi pada dinding

## Variabel

Terdapat variabel-variabel yang digunakan untuk menjadi pertimbangan evaluasi bata *interlocking*. Sesuai dengan kajian teoretik diatas, maka variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

### 1. Sistem *Interlocking*

Evaluasi untuk sistem *interlocking* pada bata *interlocking* mencakup dua hal. Pertama, kemampuan bata *interlocking* untuk menyelaraskan diri atau *self-aligning*. *Self-aligning* pada bata *interlocking* memungkinkan dapat disusun dengan pas serta mudah disusun tanpa memerlukan keteknikan khusus. Wujud *self-aligning* pada bata dapat dilihat dari jenis pengunci yang dimiliki, seperti *tongue* dan *groove* atau *protrusion* dan *depression*. Kedua, pengunci pada bata *interlocking* dapat menciptakan susunan yang lurus, tepat, dan stabil

<sup>9</sup> Ibid.

<sup>10</sup> SNI 03-6572-2001. (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.

atau tidak yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menahan gaya-gaya yang terjadi pada dinding, yaitu gaya horizontal dan gaya vertikal.

## 2. Susunan

Evaluasi terhadap susunan bata *interlocking* secara struktural menilai apakah *bonding* atau susunan dapat menghasilkan dinding kohesi yang stabil. Dari segi estetika, susunan berpengaruh pada psikologis pengguna. Susunan yang terlalu sederhana dapat menghasilkan kesan yang terlalu monoton dan membosankan, sedangkan susunan yang terlalu ramai menghasilkan kesan yang membingungkan. Cahaya dan bayangan yang dihasilkan dari susunan juga dapat memperdalam kesan yang ditangkap pengguna. Cara dan jenis penyusunan bata juga berpengaruh pada ketebalan dinding dan jumlah bata *interlocking* yang digunakan.

## 3. Luas Buka-an Ventilasi

Evaluasi luas buka-an ventilasi menilai apakah buka-an yang dihasilkan pada dinding sudah memenuhi standar yaitu luas buka-an sebesar 5% dari total luas lantai ruangan, yaitu 3,6 x 3,5 m.

# 3. METODA PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif, oleh karena itu menggunakan metoda komparatif dan metoda eksperimen. Metoda komparatif dilakukan dengan cara mengevaluasi desain preseden bata *interlocking* dalam kemampuannya menghasilkan buka-an ventilasi. Evaluasi tersebut didasari pada studi literatur dan membandingkan apakah sudah sesuai dengan teori-teori pada studi literatur apa belum. Dari hasil studi literatur dan hasil evaluasi, maka selanjutnya dilakukan eksperimen terhadap desain bata *interlocking* dapat untuk mendapatkan variasi luas buka-an ventilasi.

# 4. ANALISA

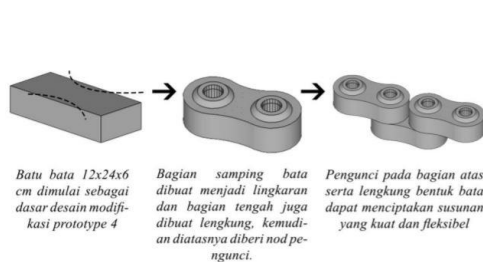
## 4.1 EVALUASI DESAIN PRESEDEN

Evaluasi desain preseden menilai preseden-presedennya menurut batasan variabel yang dicantumkan pada bab sebelumnya, yaitu sistem *interlocking*, susunan, dan luas buka-an ventilasi. Terdapat empat macam desain preseden yang akan di evaluasi. Preseden tersebut adalah Prototype #4 dan Prototype #5 karya Yoshua Kuncoro, Batako Gedhek karya Dr. Ing. Ir. E. Pradipto, dan *Interlocking Stabilized Soil Brick* (ISSB) karya Dr. Moses Musaaazi. Pertimbangan pemilihan preseden untuk dievaluasi adalah karena keempat preseden dapat disusun untuk menciptakan celah, walaupun ada yang kecil dan ada yang besar. Preseden yang diambil juga bervariasi, mulai dari hasil produk Universitas Katolik Parahyangan (UNPAR) ataupun non-UNPAR, produk dalam negeri maupun luar negeri, dan lain-lain.

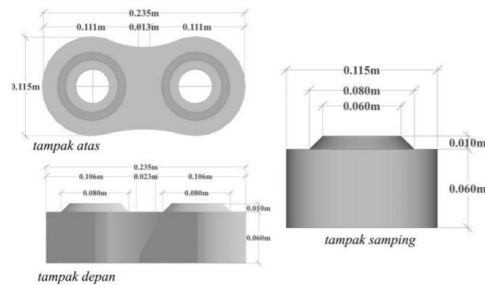
### Desain Preseden Prototype #4 karya Yoshua Kuncoro

Preseden bata *interlocking* ini diambil dari penelitian sebelumnya milik Yoshua Kuncoro. Desain Prototype #4 mendapat poin tertinggi menurut kriteria yang ditentukan oleh Yoshua Kuncoro. Desain batu bata prototype ini merupakan modifikasi dari ukuran batu bata yang biasanya dijual di pasaran, yaitu 12x24x6 cm. selanjutnya, kedua sisinya dibuat lingkaran untuk menciptakan lubang udara.

Konsep memodifikasi modul dari bentuk balok menjadi lebih dinamis seperti bentuk rantai sepeda adalah untuk memungkinkan adanya variasi bentuk dinding, khususnya untuk dinding lengkung. Dengan sisi-sisi yang halus tanpa sudut lancip, maka bentuk dinding akan lebih fleksibel dan tidak memiliki sudut-sudut tajam yang mengganggu.



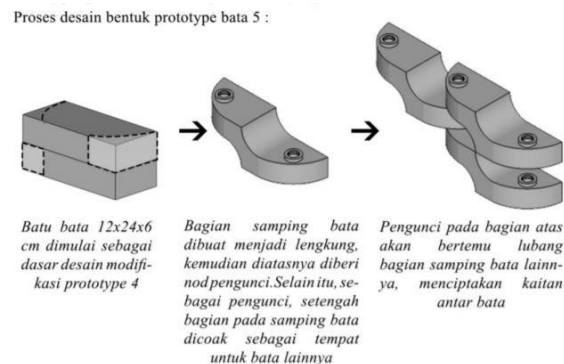
Figur 1 – Proses Desain Prototype #4



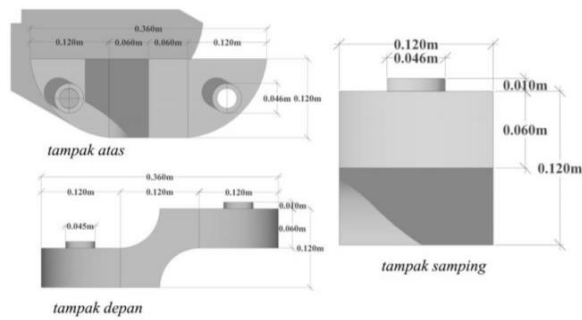
Figur 2 – Spesifikasi Ukuran Prototype #4

### Desain Preseden Prototype #5 karya Yoshua Kuncoro

Preseden bata *interlocking* ini diambil dari penelitian sebelumnya milik Yoshua Kuncoro, yaitu Evaluasi dan Modifikasi Desain Bentuk Bata *Interlocking* terhadap Bentuk dan Ruang Arsitektural Bangunan 1-2 Lantai. Penilaian modifikasi batu bata ini mendapat poin tertinggi kedua, setelah desain prototype #4. Desain Prototype #5 mempunyai kelebihan yaitu susunannya menciptakan celah untuk ventilasi, sehingga lebih sesuai untuk bahan evaluasi penelitian ini. Modifikasi desain berangkat dari modul batu bata 24x12x6 cm yang ditumpuk dua, lalu di substaksi menjadi berbentuk lengkung.



Figur 3 - Proses Desain Prototype #5



Figur 4 - Spesifikasi Ukuran Prototype #5

### Desain Preseden Batako Gedhek karya Dr. Ing. Ir. E. Pradipto

Konsep Dr. Pradipto merancang batako gedhek adalah untuk menciptakan batako yang humanis dan memberikan kenyamanan bagi penghuni rumah yang menggunakan. Batako gedhek karya Dr. Pradipto memungkinkan angin dapat masuk melalui celah-celah yang tercipta dari susunan batako tersebut sehingga ruangan dapat menjadi lebih sejuk. Ukuran batako gedhek lebih tipis dari batako yang ada di pasaran. Batako ini mempunyai ketebalan 5cm dan ukuran panjang dan lebar 20x40cm. Ukuran ini hampir mirip dengan yang ada di pasaran, hanya saja lebih tipis untuk mempermudah pemasangan batako pada ketinggian lebih dari 1 meter karena lebih ringan. Perbedaan lain dari batako gedhek adalah bentuknya yang bergelombang, berbeda dengan batako di pasaran yang berbentuk balok massif.



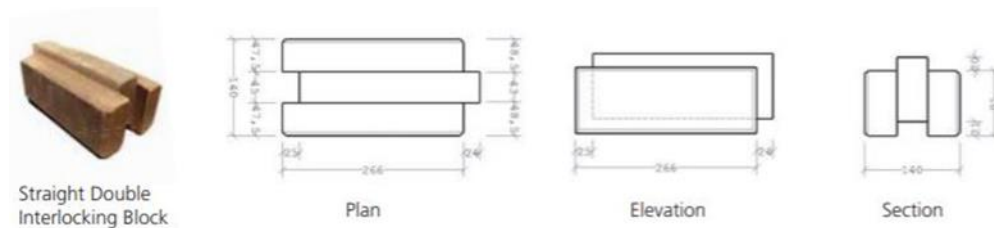
Figur 5 – Bentuk Modul dan Susunan Batako Gedhek

### Desain Preseden ISSB karya Dr. Moses Musaazi

Secara spesifik, Dr. Moses Musaazi merancang ISSB untuk pembangunan di Afrika agar mendorong masyarakat dari kemelaratatan hingga menjadi mandiri dan dapat diberdayakan secara ekonomi. Penggunaan ISSB sebagai material dinding dapat menghemat sampai dengan 30% biaya pembangunan karena tidak membutuhkan mortar untuk penyusunannya dan dapat dibuat di in-situ sehingga menghemat biaya transportasi.

Terdapat lima macam desain modul ISSB, tergantung dari mesin cetakan yang digunakan, yaitu *straight double interlocking block*, *curved double interlocking block*, *wide format interlocking block*, *straight single interlocking block*, dan *grooved double interlocking block*. *Straight double interlocking brick* merupakan blok modul yang paling sering dipakai untuk

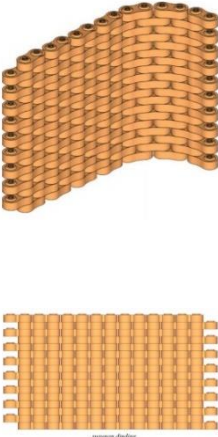

membuat dinding. Karena *straight double interlocking block* merupakan modul yang paling sering dipakai, maka preseden dari ISSB yang akan dievaluasi adalah *straight double interlocking block*.



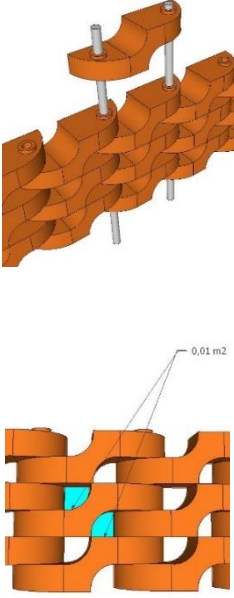
Figur 6 – Spesifikasi Ukuran ISSB

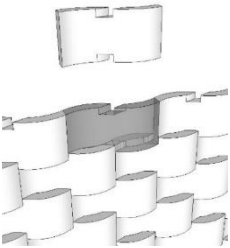

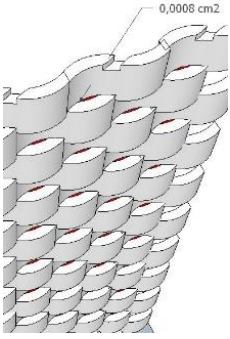

## 4.2 ANALISIS DAN SINTESIS

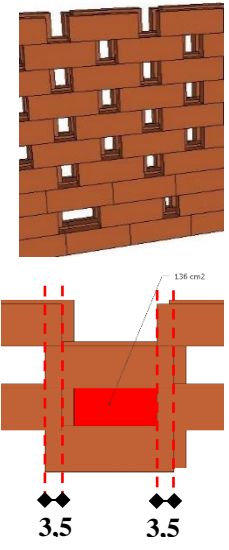
Hasil evaluasi terhadap preseden kemudian dianalisis sebagai berikut:

Desain Preseden	Positif	Negatif
<p>Prototype #4 karya Yoshua Kuncoro</p>  	<p>Sistem <i>Interlocking</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pengunci yang berupa tonjolan dan lekukan berbentuk lingkaran memungkinkan bata yang ditumpuk dapat menahan gaya horizontal maupun vertikal</li> <li>Dinding yang dihasilkan dapat diperkuat dengan adanya lubang pada modul untuk penambahan tiang-tiang penguat</li> <li>Pemasangan bata mudah karena bentuk pengunci yang sederhana dan akurat</li> </ul> <p>Susunan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Susunan jenis <i>stretcher bond</i> memungkinkan bata-bata yang ditumpuk saling mengunci satu dengan lainnya sehingga dinding menjadi stabil</li> <li>Dinding yang dihasilkan dapat menjadi lebih stabil dengan tumpukan</li> </ul>	<p>Luas Bukaannya Ventilasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Susunan belum bisa menciptakan bukaan yang sesuai dengan standar, yaitu luas bukaan minimal 5% dari total luas lantai ruangan (dalam contoh ini 3,6 x 3,5 m)</li> <li>Luas bukaan kurang variatif karena hanya dapat menghasilkan satu jenis luas bukaan</li> </ul>



	<p>bata yang membentuk susunan lengkung</p> <p>Luas Bukaannya Ventilasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat menghasilkan bukaan walaupun kecil</li> </ul>	
<p>Prototype #5 karya Yoshua Kuncoro</p> 	<p>Sistem <i>Interlocking</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pengunci yang berupa tonjolan dan lekukan berbentuk lingkaran memungkinkan bata yang ditumpuk dapat menahan gaya horizontal maupun vertikal</li> <li>Dinding yang dihasilkan dapat diperkuat dengan adanya lubang pada modul untuk penambahan tiang-tiang penguat</li> <li>Pemasangan bata mudah karena bentuk pengunci yang sederhana dan akurat</li> </ul> <p>Susunan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Susunan jenis <i>stretcher bond</i> memungkinkan bata-bata yang ditumpuk saling mengunci satu dengan lainnya sehingga dinding menjadi stabil</li> </ul> <p>Luas Bukaannya Ventilasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Susunan dapat menciptakan celah yang melebihi standar 5% dari luas lantai ruangan (untuk ruangan dengan ukuran 3,5x3,6 m)</li> </ul>	<p>Luas Bukaannya Ventilasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bukaan ventilasi yang dihasilkan kurang fleksibel karena terpatok pada satu jenis saja sehingga tidak bisa disesuaikan dengan luas ruangan yang berbeda-beda</li> <li>Luas bukaan kurang variatif karena hanya dapat menghasilkan satu jenis luas bukaan</li> </ul>
<p>Batako Gedhek karya Dr. Pradipto</p>	<p>Sistem <i>Interlocking</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat saling mengunci antar bata karena mempunyai pengunci berupa lekukan pada sisi atas dan bawah bata, sehingga dapat menahan</li> </ul>	<p>Sistem <i>Interlocking</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Proposi pengunci dibandingkan dengan luas permukaan batako tergolong kurang proporsional karena terlalu kecil, sehingga</li> </ul>

  	<p>gaya horizontal maupun vertikal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk pengunci cukup sederhana sehingga batako mudah untuk disusun</li> </ul> <p>Susunan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Susunan dengan jenis <i>stretcher bond</i> memungkinkan bata untuk saling mengunci ke arah atas, bawah, kiri, dan kanan</li> </ul> <p>Luas Bukaannya Ventilasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat menciptakan ventilasi untuk angin masuk walaupun hanya kecil</li> </ul>	<p>kurang kuat untuk menahan gaya-gaya yang berlaku, harus ada tambahan mortar sebagai penguat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modul tidak memiliki lubang yang memungkinkan penambahan tiang-tiang penguat agar dinding yang dihasilkan lebih stabil dan kokoh</li> </ul> <p>Susunan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Batako hanya dapat disusun dengan jenis susunan <i>stretcher bond</i> karena letak pengunci</li> <li>Dinding yang dihasilkan dari susunan bata terlalu tipis, sehingga kurang kuat menahan gaya horizontal atau lateral</li> </ul> <p>Luas Bukaannya Ventilasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Luas bukaan yang dihasilkan masih dibawah standar yaitu seharusnya minimal 5% dari luas total lantai ruangan</li> <li>Luas bukaan kurang variatif karena hanya dapat menghasilkan satu jenis luas bukaan</li> </ul>
<p>ISSB karya Dr. Moses Musaazi</p> 	<p>Sistem <i>Interlocking</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat saling mengunci dengan baik dengan pengunci berupa <i>tongue</i> dan <i>groove</i> yang memanjang di sisi atas dan bawah bata, serta di sisi kiri dan kanan bata sehingga dapat menahan gaya horizontal dan gaya vertikal</li> </ul>	<p>Sistem <i>Interlocking</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak dapat ditambahkan penguat berupa tiang karena tidak memiliki lubang untuk tambahan penguatan</li> <li>Tidak dapat mengunci sepenuhnya secara</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk pengunci sederhana sehingga dapat dengan mudah disusun tanpa perlu keteknikan khusus</li> </ul> <p>Susunan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Susunan dengan jenis <i>stretcher bond</i> menghasilkan dinding yang stabil</li> <li>Dapat disusun dengan jenis susunan lain seperti <i>english bond</i> dan <i>stack bond</i></li> </ul> <p>Luas Bukaannya Ventilasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat diatur jaraknya dalam penyusunan untuk menciptakan luas bukaan yang fleksibel</li> </ul>	<p>horizontal karena <i>tongue</i> dan <i>groove</i> yang menerus di sisi atas dan bawah bata memungkinkan bata untuk bergeser</p> <p>Luas Bukaannya Ventilasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Semakin luas bukaan yang dihasilkan, semakin berkurang kekuatan dan kestabilan susunan sehingga memerlukan perekat tambahan berupa semen atau adukan mortar</li> </ul>
---	---	---

Tabel 1 - Hasil Evaluasi Desain Preseden Bata Interlocking

Setelah didapatkan poin positif dan negatif dari hasil evaluasi, maka dapat ditarik kriteria-kriteria yang harus ada dalam tahap eksperimen desain bata *interlocking*. Poin positif dari hasil evaluasi perlu dipertahankan dalam kriteria, dan poin negatif perlu ditanggulangi melalui kriteria-kriteria tersebut juga. Kriteria-kriteria tersebut masih dibatasi oleh variabel-variabel yang digunakan. Kriterianya adalah sebagai berikut:

KRITERIA UNTUK EKSPERIMEN DESAIN BATA <i>INTERLOCKING</i>		
Sistem <i>Interlocking</i>	Susunan	Luas Bukaannya Ventilasi
<ul style="list-style-type: none"> <li>Jenis pengunci dapat menahan gaya dari dua arah (horizontal dan vertikal) dan dapat ditambahkan tiang penguat</li> <li>Bentuk pengunci sederhana dan mudah untuk disusun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bata setidaknya dapat disusun dengan jenis susunan <i>stretcher bond</i></li> <li>Dinding yang diciptakan susunan cukup tebal (berkisar antara 90-140 mm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luas bukaan yang tercipta memenuhi standar minimal 5% dari total luas ruangan</li> <li>Terdapat variasi luas bukaan dari jenis-jenis susunan bata yang dipakai tanpa memerlukan perekat tambahan</li> </ul>

Tabel 2 – Kriteria untuk Eksperimen Desain Bata Interlocking

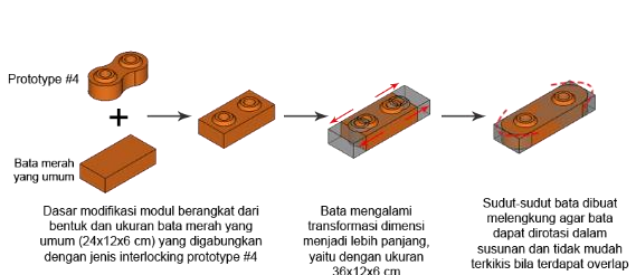
#### 4.3 EKSPERIMEN TERHADAP DESAIN BATA *INTERLOCKING*

Melalui studi literatur di bagian sebelumnya, maka didapatkan bata *interlocking* dapat digunakan sebagai alternatif material dinding yang bersifat ramah lingkungan. Bata *interlocking* merupakan pilihan yang efisien, murah, dan praktis.

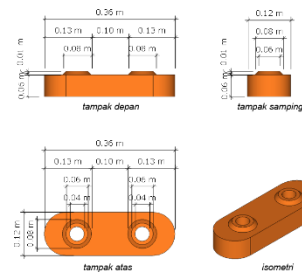
Berhubungan dengan kebutuhan alternatif material untuk menciptakan bukaan ventilasi pada dinding, maka penelitian ini akan mengeksplorasi kemungkinan-kemungkinan varian yang bisa didapatkan melalui eksperimen terhadap desain agar bata *interlocking* dapat digunakan sebagai material untuk menciptakan bukaan ventilasi pada dinding. Kriteria yang didapatkan pada bab sebelumnya menjadi acuan dan batasan untuk eksperimen desain bata *interlocking*.

##### Eksperimen Desain 1

Pertimbangan desain modul ini adalah kemudahan pembuatan modul. Dengan desain yang sederhana dan tidak kompleks, maka pembuatan modul tidak memerlukan tukang dengan keahlian tertentu. Cetakan dan mesin pres yang digunakan pun dapat menggunakan yang manual sehingga modul dapat dibuat in-situ. Selain itu, bentuk yang sederhana memungkinkan modul menggunakan komposisi yang alami seperti tanah yang dipadatkan sehingga lebih ramah lingkungan karena tidak memerlukan proses pembakaran. Bentuk modul berangkat dari ukuran batu bata yang ada di pasaran, lalu di *extend* untuk menciptakan bukaan pada susunan tertentu.

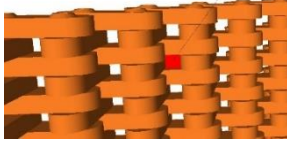


Figur 7 – Proses Eksperimen Desain 1



Figur 8 – Dimensi Eksperimen Desain 1

Kriteria	Eksperimen Desain 1
<p>Sistem <i>Interlocking</i></p>	Dapat mengunci dan menahan gaya horizontal dan vertikal, mudah disusun, dapat diberi tambahan tiang penguat, dan tidak perlu tambahan mortar
<p>Susunan</p>	Dapat disusun dengan susunan <i>stretcher bond</i> dan mempunyai banyak variasi susunan dengan merotasi bata terhadap sumbu x. Mempunyai ketebalan dinding 120 mm, namun keseluruhan dinding dapat menebal bila tumpukan bata dirotasi.

 <p>Luas Buka Ventilasi</p>	<p>Menciptakan luas bukaan yang dapat bervariasi tergantung derajat rotasi bata pada susunan, yaitu <math>18 \text{ cm}^2</math> (susunan <math>30^\circ</math>) dan <math>36 \text{ cm}^2</math> (susunan <math>45^\circ</math>). Memenuhi kebutuhan minimal luas bukaan bila diumpamakan untuk ruangan <math>3,5 \times 3,6 \text{ m}^2</math>.</p>
--	---

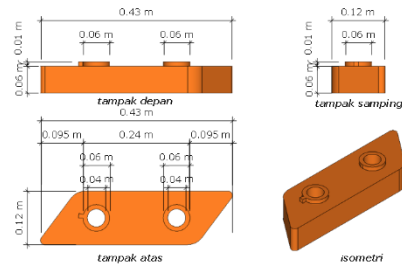
Tabel 3 – Rangkuman Hasil Eksperimen Desain 1

## Eksperimen Desain 2

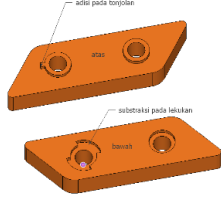
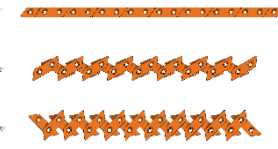
Eksperimen Desain 2 mempertimbangkan aspek ketepatan, tetapi bentuk modul tetap sederhana. Sisi miring pada desain membuat penumpukan bata menjadi presisi sehingga dapat saling mengunci tanpa menimbulkan celah. Selain itu, tambahan pengunci pada tonjolan dan lekukan di bata menjadi patokan agar pada proses konstruksi pemasangan bata yang dirotasi  $45^\circ$  dari sumbu x menjadi akurat. Walau mengejar ketepatan, namun bentuk modul tidak rumit sehingga dapat tetap dicetak menggunakan mesin pres manual dan dicetak in-situ.

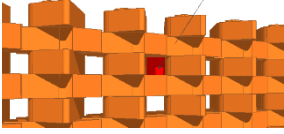


Figur 9 – Proses Eksperimen Desain 2



Figur 10 – Dimensi Eksperimen Desain 2

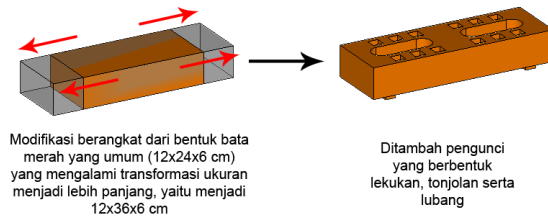
Kriteria	Eksperimen Desain 2
 <p>Sistem <i>Interlocking</i></p>	<p>Dapat mengunci dan menahan gaya horizontal dan vertikal, mempunyai tambahn pada pengunci sehingga dapat disusun secara akurat untuk susunan dengan bata yang di rotasi maupun susunan <i>stretcher bond</i>, dapat diberi tambahan tiang penguat, dan tidak perlu tambahan mortar</p>
<p>Susunan</p> 	<p>Dapat disusun dengan susunan <i>stretcher bond</i> dan mempunyai variasi susunan dengan merotasi bata terhadap sumbu x maksimal <math>45^\circ</math>. Oleh karena itu terdapat banyak variasi susunan oleh bata, tergantung rotasi bata dalam susunan. Ketebalan dinding yang dihasilkan adalah 120 mm, namun dinding dapat menebal bila susunan bata dirotasi.</p>

<p><b>Luas Buka-an Ventilasi</b></p> 	<p>Menciptakan luas bukaan yang dapat bervariasi tergantung derajat rotasi bata pada susunan. Menghasilkan variasi luas bukaan yaitu 24 cm<sup>2</sup> (susunan 30°) dan 36 cm<sup>2</sup> (susunan 45°). Memenuhi kebutuhan minimal luas bukaan bila diumpamakan untuk ruangan 3,5 x 3,6 m<sup>2</sup>.</p>
--	--

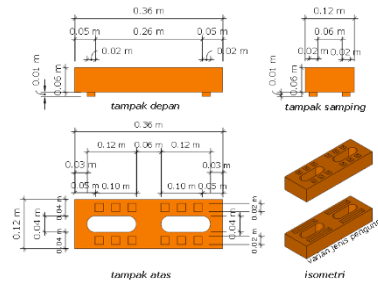
Tabel 4 – Rangkuman Hasil Eksperimen Desain 2

### Eksperimen Desain 3

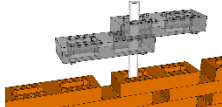
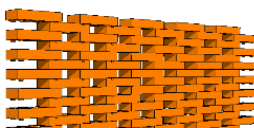
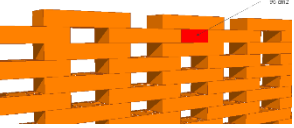
Dua hal utama yang menjadi pertimbangan untuk desain modul ini adalah ketebalan dinding dan akurasi dalam penyusunan. Oleh karena itu, jenis pengunci yang digunakan memungkinkan dinding yang dihasilkan tetap mempunyai ketebalan yang konsisten walau disusun dengan cara yang berbeda-beda. Jenis pengunci juga memberi opsi-opsi untuk susunan yang dibatasi dengan jelas sehingga mudah untuk disusun. Bentuk modul berupa balok sederhana dan diberi tambahan pengunci berupa tonjolan (*protrusion*) dan lekukan (*depression*).



Figur 11 – Proses Eksperimen Desain 3



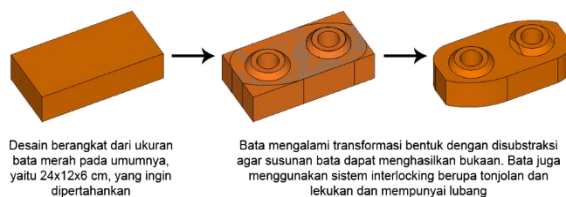
Figur 12 – Dimensi Eksperimen Desain 3

Kriteria	Eksperimen Desain 3
 Sistem <i>Interlocking</i>	Dapat mengunci dan menahan gaya horizontal dan vertikal, mudah disusun, dapat diberi tambahan tiang penguat walaupun lubang tidak dapat di cor, dan tidak perlu tambahan perekat
 Susunan	Dapat disusun dengan susunan <i>stretcher bond</i> dan mempunyai 2 varian susunan lainnya. Ketebalan dinding yang dihasilkan 120 mm.
 Luas Buka-an Ventilasi	Menciptakan luas bukaan yang dapat bervariasi tergantung pertemuan tonjolan dan lekukan pengunci antar bata. Menghasilkan variasi luas bukaan sebesar 48 cm <sup>2</sup> dan 96 cm <sup>2</sup> . Memenuhi kebutuhan minimal luas bukaan bila diumpamakan untuk ruangan 3,5 x 3,6 m <sup>2</sup> .

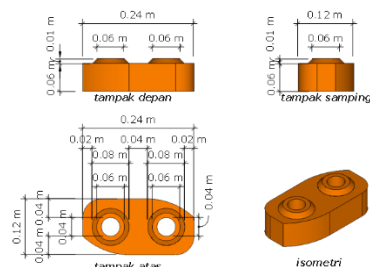
Tabel 5 – Rangkuman Hasil Eksperimen Desain 3

#### Eksperimen Desain 4

Pertimbangan eksperimen desain 4 adalah ingin mempertahankan ukuran bata merah yang umum di pasaran, yaitu 24x12x6 cm. Oleh karena itu, ukuran kasar modul ini adalah 24x12x6 cm pula. Namun, terdapat transformasi bentuk berupa substraksi agar susunan bata dapat menciptakan bukaan ventilasi. Bentuk modul dipertahankan tetap sederhana agar dapat dibuat dengan mesin pres manual dan pada in-situ. Sudut-sudut bata dibuat melengkung agar tidak mudah retak atau coak.

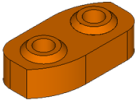
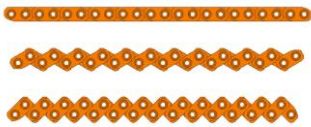
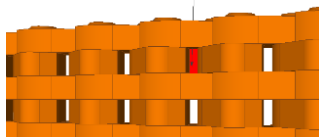


Figur 13 – Proses Desain Eksperimen Desain 4



Figur 14 – Dimensi Eksperimen Desain 4



Kriteria	Eksperimen Desain 4
<p>Sistem</p>  <p><i>Interlocking</i></p>	<p>Dapat mengunci dan menahan gaya horizontal dan vertikal, mudah disusun, dapat diberi tambahan tiang penguat, dan tidak perlu tambahan mortar untuk perekat</p>
<p>Susunan</p> 	<p>Dapat disusun dengan susunan <i>stretcher bond</i> dan susunan lainnya dengan cara merotasi bata terhadap sumbu x. Ketebalan dinding yang dihasilkan adalah 120 mm.</p>
<p>Luas Buka-an Ventilasi</p> 	<p>Menciptakan luas bukaan yang dapat bervariasi walaupun bukaan yang dihasilkan tergolong kecil. Luas satuan bukaan yang dihasilkan adalah 12 cm<sup>2</sup> (susunan bata 30°) dan adalah 6 cm<sup>2</sup> (susunan bata 45°). Belum memenuhi kebutuhan luas bukaan minimum untuk ukuran ruangan 3,5 x 3,6 m.</p>

Tabel 6 – Rangkuman Hasil Eksperimen Desain Modul 4

### Evaluasi dan Perbandingan Desain Bata *Interlocking*

Preseden dan eksperimen desain bata *interlocking* saling dibandingkan dan dicari desain mana yang paling sesuai dengan kriteria. Untuk mencari desain yang sesuai, digunakan metode penilaian dengan rating atau *rating scale*.

Terdapat tiga skor angka yang memiliki tingkatan yang berbeda untuk masing-masing kriteria. Semakin tinggi skornya, semakin sesuai dengan kriteria yang berlaku. Pertanyaan dan tingkatan skornya adalah sebagai berikut:

1. Sistem *interlocking*
  - a. Kemampuan menahan gaya dan kemungkinan penambahan tiang penguat
    - Kuat menahan gaya horizontal dan vertikal, serta dapat ditambahkan tiang penguat: 3
    - Kuat menahan gaya horizontal dan vertikal, tidak dapat ditambahkan tiang penguat: 2
    - Tidak kuat menahan gaya horizontal dan vertikal dan tidak dapat ditambahkan tiang penguat: 1
  - b. Kesederhanaan bentuk pengunci
    - Bentuk pengunci sangat sederhana sehingga mudah disusun: 3
    - Bentuk pengunci cukup sederhana dan cukup mudah disusun: 2
    - Bentuk pengunci rumit dan susah untuk disusun: 1
2. Susunan
  - a. Variasi jenis susunan



- Dapat disusun dengan jenis stretcher bond dan mempunyai  $\geq 3$  variasi jenis susunan: 3
  - Dapat disusun dengan jenis stretcher bond dan mempunyai 1-2 variasi jenis susunan: 2
  - Dapat disusun dengan jenis stretcher bond saja tanpa variasi lainnya: 1
- b. Ketebalan dinding oleh susunan
- Ketebalan dinding 110-140 mm: 3
  - Ketebalan dinding 90-109 mm: 2
  - Ketebalan dinding  $<90$  atau  $>140$  mm: 1
3. Luas Buka Ventilasi
- a. Luas bukaan menurut standar
- Luas bukaan  $>5\%$  dari luas total lantai ruang (3,5x3,6m): 3
  - Luas bukaan 5% dari luas total lantai ruang (3,5x3,6m): 2
  - Luas bukaan  $<5\%$  dari luas total lantai ruang (3,5x3,6m): 1
- b. Variasi luas bukaan
- Mempunyai  $\geq 3$  variasi luas bukaan: 3
  - Mempunyai 2 variasi luas bukaan: 2
  - Tidak mempunyai variasi luas bukaan: 1

Dari penilaian terhadap bata preseden dan bata hasil eksperimen diatas secara kualitatif, maka didapatkan rangkuman penilaian dalam ukuran angka sebagai berikut:

Variabel		Prototype #4	Prototype #5	Batako	ISSB	Eksp. Desain	Eksp. Desain	Eksp. Desain	Eksp. Desain
Sistem interlocking	Kemampuan menahan gaya dan kemungkinan penambahan tiang penguat	3	3	2	2	3	3	3	3
	Kesederhanaan bentuk pengunci	3	3	3	3	3	2	2	3
Susunan	Variasi jenis susunan	2	3	1	3	3	3	3	3
	Ketebalan dinding oleh susunan	3	3	1	3	3	3	3	3

Luas Bukaan Ventilasi	Luas bukaan menurut standar	1	3	1	3	3	3	3	1
	Variasi luas bukaan	1	1	1	3	3	3	3	3
TOTAL SKOR		13	16	9	17	18	17	17	16

Tabel 7 – Evaluasi dan Perbandingan Desain

Skor maksimal yang berlaku dalam penilaian ini adalah 18 poin, dan skor minimal yang berlaku adalah 6 poin. Dari penilaian diatas, maka didapatkan hasil bahwa desain preseden yang mempunyai skor paling rendah adalah Batako Gedhek (9 poin) dan yang mempunyai skor tertinggi adalah ISSB (17 poin). Sedangkan untuk desain hasil eksperimen, skor terendah adalah Eksperimen Desain 4 (16 poin) dan skor tertinggi adalah Eksperimen Desain 1 (18 poin).

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil skoring, maka didapatkan bahwa bata *interlocking* hasil eksperimen mempunyai potensi sebagai alternatif pemilihan material untuk dinding dengan bukaan ventilasi karena memiliki nilai yang tinggi. Bata *interlocking* hasil eksperimen secara umum dapat hal menghasilkan luas bukaan ventilasi yang bervariasi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan ventilasi ruangan.

Kriteria-kriteria yang digunakan untuk tahap eksperimen dibatasi oleh variabel-variabel. Variabel-variabel tersebut adalah sistem *interlocking*, susunan, dan luas bukaan ventilasi dipengaruhi secara langsung oleh desain modul bata itu sendiri.

Desain-desain eksperimen yang telah dilakukan masih memiliki kekurangan juga karena belum semuanya mencapai nilai maksimal untuk memenuhi kriteria-kriteria yang dibuat. Sebagai contoh, untuk mengejar adanya varian luas bukaan ventilasi, maka yang konsekuensi nya adalah bentuk pengunci menjadi lebih pipih sehingga rawan patah atau retak. Namun, dari hasil penilaian tersebut, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa desain hasil eksperimen secara umum lebih baik dibandingkan desain preseden bila diukur dengan variabel-variabel untuk menciptakan variasi luas bukaan ventilasi pada dinding.

Untuk menyempurnakan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran untuk pengembangan desain eksperimen yaitu:

1. Pengujian durabilitas dan kekuatan modul dan
2. Pertimbangan dan perhitungan waktu dan biaya produksi

Saran untuk pengembangan ini dapat dilakukan dengan cara pembuatan modul dengan skala 1:1.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Al-Fakih, A., Mohammed, B. S., & Nikbakht, E. (2018). Development of Interlocking Masonry Bricks and its' Structural Behaviour: A Review Paper. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sciences*, 2-3.

- Bahasa, B. P. (2019, April 25). Retrieved from KBBI Daring: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/>
- Budianastas Prastyama, A. M. (2018). Kinerja Struktural Interlocking Compressed Earth Block (ICEB) dengan Serat Ijuk sebagai Stabilisator. *Jurnal Teknik Arsitektur ARTEKS*.
- Ernst, & Neufert, P. (2000). *Architects' Data, Third Edition*. London: Oxford Brookes University.
- Guillaud, H., Joffroy, T., & Odul, P. (1995). Compressed Earth Blocks: Manual of Design and Construction. In H. Guillaud, T. Joffroy, & P. Odul, *Compressed Earth Blocks: Manual of Design and Construction* (p. 15). Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.
- Ika. (2014, April 2015). *Universitas Gadjah Mada*. Retrieved from [www.ugm.ac.id](http://www.ugm.ac.id)
- K, R., & Nambiar, E. K. (2004). Accelerated masonry construction: Review and future prospects. *Progress in Structural Engineering and Materials* 6: 1-9, 4.
- Kintingu, S. H. (2009). Design of Interlocking Bricks for Enhanced Wall Construction Flexibility, Alignment Accuracy and Load Bearing. 43.
- Kuncoro, Y. (2017). *Evaluasi dan Modifikasi Desain Bentuk Batu Bata Interlocking terhadap Bentuk dan Ruang arsitektural bangunan 1-2*. Disertasi tidak diterbitkan. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Method Statement CKYIBS Blocks*. (2019, Maret 13). Retrieved from CKYIBS Web site: [http://ckyibstech.com/main/index.php?option=com\\_content&view=article&id=83&Itemid=132](http://ckyibstech.com/main/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=132)
- Minke, G. (2006). *Building With Earth*. Boston: Birkhauser.
- Nazir, M. (2005). *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Nisa, I. J. (2014). *Eksplorasi Susunan Bata Pada Bidang Dinding Galeri Seni Lukis*. Disertasi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Prasatyama, B., & Maurina, A. (2018). KINERJA STRUKTURAL INTERLOCKING COMPRESSED EARTH BLOCK (ICEB) DENGAN SERAT IJUK SEBAGAI STABILISATOR. *Jurnal Teknik Arsitektur ARTEKS*.
- Ramamurthy, K., & Nambiar, E. (2004). Accelerated masonry construction review and future prospects. *Progress in Structural Engineering and Materials*
- Rauch, M. (2015). *Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth*. Munich: DETAIL.
- Razak, H., Gandarum, D. N., & Juwana, J. S. (2015). Pengaruh Karakteristik Ventilasi dan Lingkungan terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Ruang Kelas SMPN di Jakarta Selatan. *AGORA, Jurnal Arsitektur, Volume 15, Nomor 2*, 5.
- SII-0021-78. (1978). *Mutu dan Cara Uji Batu Bata Merah Pejal*. Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-6572-2001. (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 15-2094-2000. (2000). *Mutu dan Cara Uji Batu Merah Pejal*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Vasto Costa, F. (1993). *Plea for placement armour blocks in orderly patterns, Proceedings of the 23rd International Conference on Coastal Engineering*. Venice: ISBN/ISSN: 0872-62933.
- Wouters, L., & Wastiels, I. (2008). Material Considerations in Architectural Design: A Study of the Aspects Identified by Architects for Selecting Materials. *Proceedings of the Design Research Society Conference*, 10.
- Zulnaidi. (2007). *Metode Penelitian*. Medan: Universitas Sumatera Utara